

УДК 621.224-225.12; 621.311.2.21

¹М.М. Зінь, канд.техн.наук, доц., ²Ю.Б. Підгайний

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

²Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МІКРОГЕС У С. МИШКОВИЧІ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО РАЙОНУ

M.M. Zin, Ph.D., Assoc. Prof., Y.B. Pidhainyi

ENERGY EFFICIENCY PROBLEMS OF SMALL HPP IN THE MYSHKOVYCHİ VILLAGE, TERNOPIL REGION

У жовтні 2019 року введено в експлуатацію мікроГЕС на р. Серет в с. Мишковичі Тернопільського району. Відтак ця станція стала другою діючою в районі (перша – мікроГЕС на р. Гнізна у с. Дичків). На Мишковицькій мікроГЕС встановлено дві пропелерні гідротурбіни з діаметрами робочих коліс відповідно 70 і 50 см, які за допомогою підвищувальних пласкоремінних передач з ременями виробництва швейцарської компанії HABASIT приводять в рух асинхронні електрогенератори моделей відповідно 5AF315 S-8 номінальної потужності 80 кВт і 4A250 S-8 номінальної потужності 37 кВт (обидва генератори мають синхронну частоту обертання 750 об/хв). Напір бруто – 3,410 м, нетто – 3,151 м (великий агрегат) і 3,350 м (малий агрегат). Витрата води більшою турбіною становить 1,798 м³/с (розрахункова), меншою – приблизно в два рази менше. З водозабору вода подається до турбін металевими трубопроводами діаметру 1220 мм (зовн.) і товщини стінки 12 мм, довжини водогонів відповідно дорівнюють 13720 мм і 13590 мм. Станція дериваційна, однак наявний лише відвідний дериваційний канал довжиною приблизно 100 м. Гребля переливна, облаштована у шлюзовому мості з чотирма плоскими металевими щитовими затворами шириною 3300 мм. Вироблена на мікроГЕС електроенергія відпускається в загальну електромережу за пільговим «зеленим» тарифом. На поточний час гідроагрегати Мишковицької мікроГЕС генерують електричну потужність відповідно 27 і 16 кВт, забезпечуючи при цьому ККД станції в середньому 50 %. Не потрібно бути великим спеціалістом для того, щоб зрозуміти, що це дуже низький показник. Мінімально допустимий ККД малої ГЕС повинен бути щонайменше в півтора рази більшим, тобто десь 75 – 80 % (залежно від комплектації станції). До вирішення проблеми підвищення енергоефективності цієї ГЕС потрібно підходити комплексно. На об'єкті було проведено необхідні вимірювання та обчислення, які висвітлили можливі місця надмірних втрат енергії. Трохи замалий поперечний переріз трубопроводу, який подає воду до великої турбіни. Втрати напору в ньому (на тертя) є занадто великими, а саме $3410 - 3151 = 259$ мм вод. ст. За рахунок цього ККД великого агрегату знижується приблизно на 8 % ($259 \cdot 100 / 3410 = 7,59\% \approx 8\%$). Замінити трубопровід на більший наразі дуже важко, позаяк він засипаний товстим шаром глини та каміння і над ним ще й до того пролягає автомобільна дорога місцевого значення.

Швидкість обертання валу асинхронного генератора великого гідроагрегату у випадку генерування ним електричної потужності 27 кВт дорівнює синхронній і становить 750 об/хв. Згідно з паспортними даними цього генератора номінальна швидкість обертання його валу повинна становити $(2 \cdot 750) - 741 = 759$ об/хв (тут 741 об/хв – номінальна швидкість обертання валу асинхронної машини за умови її роботи в режимі двигуна), а у випадку навантаження його приблизно на третину від номінальної потужності ($27/80 \approx 0,3$) повинна становити орієнтовно $750 + (759 - 750)/3 = 753$ об/хв (за умови, що залежність швидкості обертання валу генератора від його потужності в

робочому режимі є прямолінійною). Отже, тут є досить помітна невідповідність (замість 753 об/хв маємо 750 об/хв), яка може бути причиною деякого зменшення ККД електрогенератора відносно номінального значення, що становить 93,8 %.

Генератор навантажений приблизно на 1/3 від номінальної потужності і тому працює з дуже заниженими ККД і $\cos\phi$. Характеристика залежності ККД генератора типу 5AF315 S-8 від коефіцієнту його завантаження відсутня (наявні лише стислі паспортні дані цього генератора), однак якщо скористатись даними подібної типової характеристики асинхронної машини, то з причини недовантаження цього генератора його ККД замість 93,8 % набуває значення приблизно 70 %. Це дуже великі втрати, більші, ніж 20 % ($93,8 - 70 = 23,8$ %)! Тому слід подумати про заміну цього генератора менш потужною машиною (асинхронною або синхронною). В ідеальному випадку коефіцієнт завантаження асинхронного генератора повинен становити 75 %. За цієї умови він буде мати ККД навіть вищий від номінального (який вказаний на заводській бирці машини). Визначимо раціональне значення номінальної потужності генератора, який приводиться в рух великою турбіною. Воно повинно приблизно дорівнювати потужності водотоку: $9,81 \cdot 1000 \cdot 3,151 \cdot 1,798 = 55579$ Вт ≈ 56 кВт. В лівій частині наведеного виразу прийнято наступні позначення: $9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння; 1000 кг/м³ – густина води; $3,151$ м – напір нетто; $1,798$ м³/с – витрата води. Для заміщення машини 5AF315 S-8 найкраще підходить серійний асинхронний генератор АІР 280 S-8, номінальна потужність якого складає 55 кВт, а ККД – 92,8 %. Якщо прийняти ККД великого гідроагрегату рівним 75 %, то він буде генерувати електричну потужність $56 \cdot 0,75 \approx 42$ кВт.

Виконано експериментальні вимірювання швидкості руху води в турбінному водогоні великого гідроагрегату, за значенням якої визначено витрату води пропелерною турбіною з діаметром робочого колеса 70 см. Вимірювання провадилися за допомогою гідрометричного вимірювального приладу № 2 (дволопатевого алюмінієвого пропелера діаметру 70 мм), зав. № 1794. Тарування цього приладу виконувалося в сертифікованій лабораторії і в установлений паспортним приладу термін (з часу тарування до часу вимірювання пройшло не більше одного року). Вимірювання швидкості руху води здійснювалися в п'ятих різних точках прохідного перерізу турбінного водогону (одна точка – в центрі, а інші чотири точки – рівномірно між центром і внутрішньою стінкою труби). В кожній точці виконувалося 5 вимірів. Отже, загалом було зроблено 25 вимірів. За їх результатами визначено середнє значення швидкості руху води в турбінному водогоні, рівне $1,7547$ м/с (нагадаємо, що прохідний діаметр турбінного водогону – 1196 мм, а площа його прохідного перерізу – $1,1234$ м²). За результатами вимірювань та оброблення їх результатів витрата води в турбінному водогоні становить $1,7547 \cdot 1,1234 = 1,9712$ м³/с (витрата дорівнює добутку швидкості руху води на площу прохідного перерізу трубопроводу). Розрахункове значення витрати води приблизно таке ж саме – $1,798$ м³/с. Відмінність між експериментальними та теоретичними даними можна пояснити похибкою вимірювань та неточністю виготовлення робочого колеса діаметру 70 см турбіни Мишковицької ГЕС у порівнянні з робочим колесом геометрично подібної турбіни, характеристики якої було прийнято для теоретичних розрахунків турбін станції. В цілому можна вважати, що на основі як теоретичних, так і експериментальних даних витрата води відповідає очікуванім значенням і тому змінювати геометричне положення робочого та напрямного апаратів великої турбіни не потрібно (на периферії кут встановлення робочих лопатей – 20°).

Ці та інші результати досліджень передані підприємству, яке спорудило та експлуатує Мишковицьку мікроГЕС, з метою підвищення її енергоефективності.